

自润滑孕镶金刚石钻头胎体材料初步研究

潘秉锁, 方小红, 杨凯华

(中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:为了研究具有自润滑性能的孕镶金刚石钻头胎体材料,进行了在胎体配方中添加石墨的研究。对胎体材料的抗弯强度、硬度、耐磨性和材料与白刚玉砂轮组成摩擦副时的摩擦系数进行了测定,并用扫描电子显微镜观察了磨损表面形貌。实验结果表明,添加石墨后,胎体材料的硬度和抗弯强度下降,与 60 目白刚玉砂轮组成摩擦副时的摩擦系数下降,耐磨性则随着石墨含量的增多先增强,后下降(超过 6% 后)。形貌分析表明,不含石墨的胎体材料在磨损中发生明显的塑性变形;添加石墨后,胎体材料的塑性降低,出现犁沟和剥落现象。

关键词:孕镶金刚石钻头;自润滑;摩擦磨损;胎体

中图分类号:P634.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)01-0076-03

Elementary Study on Self-lubricating Matrix Material for Impregnated Diamond Bit/PAN Bing-suo, FANG Xiao-hong, YANG Kai-hua (Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: To develop matrix material with self-lubricating ability for impregnated diamond bit, research was made on addition of graphite power to conventional matrix formula. The bending strength, hardness, wear resistance and friction coefficient (with 60# white corundum grinding wheel as counter) of matrix materials were tested; the topography of wear surfaces was analyzed with scanning electric microscope. The test results showed that the bending strength and hardness of matrix material declined with graphite powder adding and the friction coefficient decreased with 60# white corundum grinding wheel; while wearing resistance increased at first with graphite content increasing, then decreased when the content of graphite exceeded 6.0%. Morphology analysis indicated that conventional matrix material produced obvious plastic deformation in wearing and the plasticity of matrix material declined with graphite adding, and furrow wears and flaking appeared.

Key words: impregnated diamond bit; self-lubrication; wear and friction; matrix

润滑条件对于金刚石钻头的性能有重要影响,它关系到金刚石的工作温度和胎体的磨损速度。在通常的钻进中,对金刚石钻头的润滑是通过向泥浆中添加润滑剂来实现的,这种方法对钻头的制造工艺没有要求,但在实际使用中往往使泥浆工艺变得复杂,因为冲洗液添加润滑剂后的润滑性能受泥浆 pH 值、金属离子浓度、岩屑等的干扰^[1]。另外,在一些特殊的场合,可能不允许使用或得不到冲洗液,只能使用空气钻进,这样的情况下,金刚石钻头的润滑就不能依靠外加的润滑剂来实现了。

在金刚石工具方面,固体润滑剂已有一些应用研究。Kenji Ito 用含树脂和固体润滑剂的混合物充填陶瓷基磨轮中的部分气孔,以防止脱落的磨料或切屑堵塞气孔而造成砂轮堵塞或抛光,同时防止摩擦热的大量产生。与普通磨轮相比,加固体润滑剂的磨轮磨削比大幅度提高(2~4 倍)^[2]。James P Koch 等通过添加石墨的方式提高了高菱镁水泥粘结剂砂轮的磨削性能。石墨的加入不仅有效地减少

了摩擦热,还提高了高菱镁水泥结合剂的强度,尤其是其热强度^[3]。文献[4]研究了用水溶性油混合石墨粉而成的糊状润滑剂对磨削工艺的影响,试验结果表明,石墨可显著降低磨削力、磨削比能和界面温度(下降幅度最大达 400 °C 左右)。在金刚石钻头制造方面,周红心针对坚硬致密岩层钻进中的钻头打滑问题,进行了钻头工作层中添加石墨的试验研究,结果表明石墨颗粒能够明显提高钻头的出刃效果,有利于提高钻进效率^[5]。这些研究表明,石墨等固体润滑剂在金刚石工具中有着良好的应用前景。但到目前为止,固体润滑剂在金刚石钻头制造中以减摩为目的的应用或机理研究还未见报导。添加的固体润滑剂对金属基胎体材料的物理力学性能的影响有待于进一步探索。

本文初步研究了碳化钨基胎体材料添加石墨后的强度、硬度、摩擦磨损特性的变化情况,并观察了胎体材料磨损后的表面形貌,为石墨等固体润滑剂在金刚石钻头中的应用做一些基础工作。

收稿日期:2008-11-27

作者简介:潘秉锁(1976-),男(汉族),浙江三门人,中国地质大学(武汉)副教授,地质工程专业,博士,从事岩心钻探与金刚石制品方面的教学与科研工作,湖北武汉市鲁磨路 388 号,diamondtools@cug.edu.cn。

1 实验

1.1 试样制备

试样基本配方为:WC 18%,镍 9%,钴 3%,锰 5%,663 青铜 35%,Fe 30%。石墨的添加比例为 2%、4%、6% 和 9% (质量百分比)。用于抗弯强度测试的试样尺寸为 36 mm × 7.1 mm × 7.1 mm;用于摩擦磨损性能测试的试样尺寸为 15 mm × 8.5 mm × 8.5 mm。每个配方 3 个样。试样在湖北长江精工新材料有限公司生产的 SM-100A 型智能烧结机上烧结,烧结条件为:温度 950 ℃;压强 13 MPa;保温时间 2 min。

1.2 抗弯强度

胎体抗弯强度可反映胎体的相对韧性。试验在 WE-30 型液压万能材料试验机上进行,支点间距 l 为 32 mm,加载速度 500 N/s。试验结果按式(1)计算^[6]:

$$\sigma = 3pl / (2bh^2) \quad (1)$$

式中: σ ——抗弯强度,MPa; p ——试样断裂时载荷,N; l ——支点间距,mm; b ——试样宽度,mm; h ——试样高度。

1.3 硬度

胎块硬度测试采用 HR-150A 型洛氏硬度计进行测量。根据胎块硬度的经验值,选择测量胎块的 HRB 值。测试前将每个胎块的正压制面在砂纸上进行人工磨光处理。测试时,在每种配方(3 个试样)胎块的上下压制面上各测量 3 个点,然后取 18 个测试点的平均值作为该配方胎块的硬度测量值。

1.4 摩擦磨损性能

胎块的耐磨性试验在 MPX-2000 型盘销式摩擦磨损试验机(宣化试验机厂生产)上进行,对磨件为 60 号白刚玉砂轮。加压 500 N,转速 370 r/min,干磨损 4 min。在 FA-N/JA-N 电子天平上称重,精度为 0.001 g。耐磨性以试样磨损试验前后的质量损失来衡量。摩擦系数计算公式如下:

$$\mu = M / (rN) \quad (2)$$

式中: μ ——摩擦系数; M ——摩擦扭矩,N·m; r ——摩擦半径,0.019 m; N ——正压力,N(试验时的负荷值,500 N)。

磨损后,胎体材料断面采用扫描电子显微镜进行形貌分析。

2 试验结果与分析

2.1 抗弯强度

石墨含量对金刚石钻头胎体材料的抗弯强度的

影响如图 1。由图 1 可见,当石墨添加量 < 4.0% (质量比)时,胎体抗弯强度随着石墨含量的增加而平缓下降;但当石墨加量 > 4.0% 后,抗弯强度随着石墨含量的增加而快速下降。均匀分布于胎体材料中的石墨是软质相,且在烧结温度下和其它胎体组分不发生冶金作用,因此石墨作为一种夹杂物起到了割裂胎体的作用,使原来的金属粉末连续相呈现准连续状态。随着石墨含量的增加,割裂作用增强,从而导致材料强度的下降^[7]。

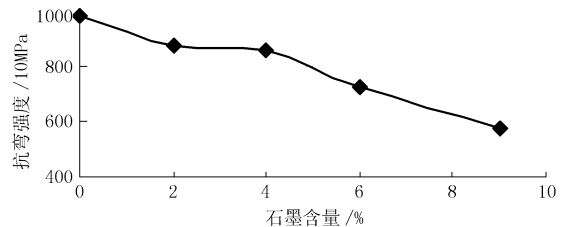


图 1 石墨含量对抗弯强度的影响

2.2 硬度

随着石墨含量的增加,胎体材料的硬度也不断下降,如图 2。添加了 9.0% (质量比) 石墨的胎体材料的硬度比不添加石墨的胎体材料的硬度下降了 10.2%。

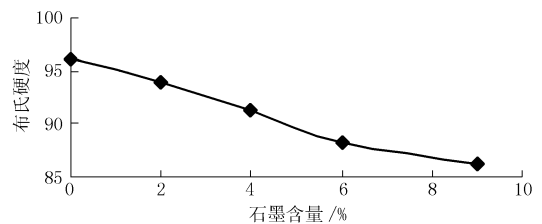


图 2 石墨含量对胎体硬度的影响

2.3 耐磨性

图 3 是胎体材料磨损量与石墨含量的关系曲线。胎体材料的耐磨性先是随着石墨含量的增加而升高,即磨损量随着石墨含量的增加而降低;到石墨含量达到 6.0% (质量比),材料的耐磨性最强;但石墨的含量进一步增加后,耐磨性将变差。石墨的夹杂使胎体材料的强度、硬度降低,这对于耐磨性的作用是负面的。但在摩擦磨损过程中,夹杂的石墨被不断的磨损挤出,能在摩擦表面形成一层润滑膜,从而有效地起到了减摩作用,降低了摩擦表面的温度,防止了材料的粘着,从而使材料的磨损量降低。因此,合适的石墨含量可以提高胎体的耐磨性。但过多的石墨将导致材料强度、硬度的过分下降,而减摩作用不能弥补强度、硬度下降带来的损失,故材料的耐磨性下降。

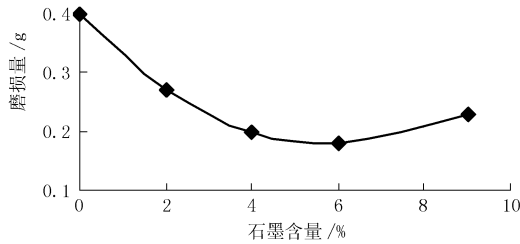


图3 磨损量与石墨含量的关系

2.4 摩擦系数

胎体材料与60目白刚玉砂轮端面间的摩擦系数与石墨含量的变化关系如图4。磨损试验前,砂轮端面经车床整平。由图4可见,随着石墨含量的增加,摩擦系数逐渐下降。添加9.0%(质量比)的石墨后,摩擦系数比普通胎体材料的降低了17.6%。

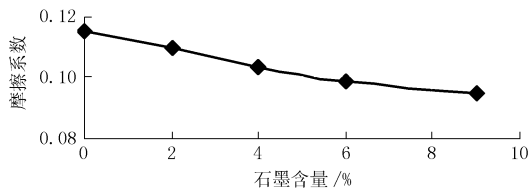


图4 摩擦系数与石墨含量的关系

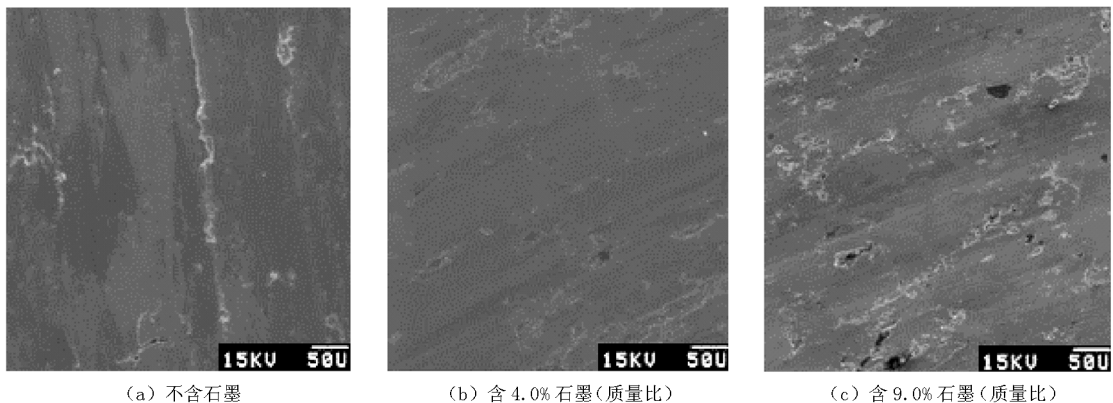


图5 胎体材料磨损表面形貌扫描电子显微镜照片

2.5 磨损表面形貌

磨损试验后,对磨损表面采用扫描电子显微镜进行了形貌分析,如图5。图5(a)是不含石墨的胎体材料磨损后的表面形貌,从图中可以看出,胎体材料的塑性较好,图的中间部分留下了一条明显的变形软化带,图的左侧中部可能是粘着磨损痕迹。图5(b)是含4.0%(质量比)石墨的胎体材料磨损后的形貌,该图看不到明显的塑性变形,但出现了较浅的犁沟痕迹,并可见明显的剥落现象;剥落坑下可见石墨,这是由于石墨与金属基体间的结合强度低于金属间的结合强度,且石墨是软质相,因此有石墨的地方是材料的薄弱区域,在磨损的过程中易于成为裂纹的起点。图5(c)是含9.0%(质量比)的胎体材料的磨损表面形貌,从图中可以看出,该材料也没发生明显的塑性变形,但犁沟深度增大,剥落坑密度、深度也增大,这进一步表明剥落坑的密度与石墨的含量是直接相关的。磨损表面形貌较好地印证了胎体材料强度、硬度和耐磨性等的变化。

3 结论

(1)随着石墨含量的增加,胎体材料的抗弯强

度、硬度、摩擦系数(以60目白刚玉砂轮为对磨件)明显下降;

(2)胎体材料的耐磨性首先随石墨含量的升高而增强,但当石墨含量>6.0%(质量比)后,耐磨性下降;

(3)加入石墨后,胎体材料的塑性下降,表面有犁沟,且有剥落坑出现。

参考文献:

[1] 王星华,鲁凡. 润滑冲洗液对胎体材料的润滑作用[J]. 有色金属矿产与勘查, 1995, 4(3):165-171.
[2] Kenji Ito. Vitrified Abrasive Solid mass Having Pores Filled with

Resin and Solid Lubricant Agent: United States Patent, 6428587 [P]. 2002-08-06.

[3] Koch James P., Donahue Allen T. Method for Dry Grinding with Improved Magnesium Oxychloride Cement Bond Containing Graphite: United States Patent, 5624472 [P]. 1997-04-29.
[4] Shaji S., V. Radhakrishnan. An Investigation on Surface Grinding Using Graphite as Lubricant [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2002, (42), 733-740.
[5] 周红心. 坚硬致密岩层钻进用热压金刚石钻头的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(4): 51-53.
[6] 袁公显. 人造金刚石合成与金刚石工具制造[M]. 长沙:中南工业大学出版社, 1993. 224.
[7] 尹延国,刘君武,郑治祥,等. 石墨对铜基自润滑材料高温摩擦磨损性能的影响[J]. 摩擦学学报, 2005, 25(3):216-220.